

CBS VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME ANALİZLERİ İLE BİTKİSEL ÜRETİM UYGULAMALARINA YÖNELİK İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM STRATEJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

İdris USLU¹, Zerrin ÇELİK², Gözen YÜCEERİM³, Vural KARAGÜL⁴, Aslı ÖZDARICI OK⁵

¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir, idris.uslu@tarimorman.gov.tr, vural.karagul@tarimorman.gov.tr

²Dr., Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir, zerrin.celik@tarimorman.gov.tr

³Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir, gozen.yuceerim@tarimorman.gov.tr,

⁴Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, vural.karagul@tarimorman.gov.tr

⁵Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Tapu Kadastro Yüksekokulu, Ankara, asli.ok@hbv.edu.tr

ÖZET

İklim parametrelerindeki değişimin etkisi yetiştiricilik tercihlerine bağlı olarak tarımsal üretimin çevresel etmenlere karşı daha hassas olmasına ve tarımsal üretim potansiyelinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu çalışma, tarımsal üreticilerin içinde buldukları iklim nedenli riskleri daha iyi anlamaları, değişen iklim koşullarına karşı hazırlık süreçlerinin iyileştirilmesi için üretilen çözüm yollarını tanımaları, dayanıklılık oluşturmak ve risk yönetimi için yenilikçi çözümlerin farkındalığını amaçlamaktadır. Üretim ortamının izlenmesi ve etkin yönetimi için kullanılacak etkili araçlardan birisi de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) dir. Diğer taraftan, CBS ile birlikte kullanılacak çok faktörlü karar verme araçları tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin incelenmesi ve yönetiminde hızlı ve doğru çözümler üretme potansiyeline sahiptir. Çalışmada kullanılan araştırma verileri 2023 yılında 130 buğday yetiştiricisine yüz yüze görüşme yöntemiyle uygulanan anket çalışması ile elde edilmiştir. Bu çalışmada Menemen Ovası'nda buğday yetiştiriciliği yöntemlerinin iyi tarım uygulamaları kapsamında incelenmesinde CBS yöntemlerinden çok kriterli karar verme (AHP) ve karşılaştırma yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda arazi yönetimi ve girdi yönetimi işlemlerine ait önem dereceleri ve alansal dağılımları ortaya çıkarılarak iklim değişikliği risklerine karşı bölgenin kırılganlık ve dayanıklılık potansiyeli değerlendirilmiştir. Araştırma alanında 2012-2023 yılları arası iklim verilerine uygulanan zaman analizleri sonucunda sıcaklık verilerinde bir yükseliş eğilimi olduğu, yağış verilerinde ise artış ya da azalış eğiliminin olmadığı gözlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, buğday yetiştiriciliğinde iklim değişikliği risklerini artıracak uygulamalar üreticilerin gereğinden fazla azotlu gübre uygulaması, gereğinden az fosforlu gübre uygulaması ve araştırma alanında yetiştirilen buğday çeşit sayısının az olması olarak tespit edilirken; arazi tesviyesine önem verme, mevsim özelliğine göre bitki tür ve çeşit tercihi yapma, tohum ve gübre uygulama oranlarında değişiklik yapma ve hasat sonrası arazide bitki artığı bırakmaya önem verme bilinci ise dayanıklılığı artıran etmenler olarak ön plana çıkmıştır.

Anahtar Sözcükler: Agronomi, AHP, buğday, CBS, iklim değişikliği

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGIES FOR CROP PRODUCTION PRACTICES WITH GIS AND MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING ANALYSIS

The effect of change in climate parameters may cause agricultural production to be more vulnerable to environmental factors and reduce production potential, depending on cultivation preferences. This study aims to help agricultural producers better understand the climate-related risks they face, to recognize the solutions produced to improve their preparation processes against changing climate conditions, to create resilience and to raise awareness of innovative solutions for risk management. Geographical Information System (GIS) technology is one of the effective tools that can be used for monitoring and effective management of the production environment. On the other hand, multi-factor decision-making tools (AHP) that can be used together with GIS have the potential to produce fast and accurate solutions in the examination and management of sustainability in agricultural production. The research data used in the study was obtained through a survey conducted through face-to-face interviews with 130 wheat growers in 2023. In this study, GIS methods multi criteria decision making and overlay were used to examine wheat cultivation methods in the Menemen Plain within the scope of good agricultural practices. As a result of the study, the importance and spatial distribution of land management and input management factors were revealed, as well as, the region's vulnerability and resilience potential against climate change risks were evaluated. As a result of the time analysis applied to the climate data between 2012 and 2023 in the research area, it was observed that there was an upward trend in temperature data, while there was no trend in precipitation data. According to the results of the research, the practices that may increase the risks of climate change in wheat cultivation are producers' application of more nitrogen fertilizer than necessary, application of less phosphorus fertilizer than necessary, and the low number of wheat varieties grown in the research area; on the other hand, giving importance to land leveling, choosing plant species and varieties according to seasonal characteristics, giving importance to leaving plant residues in field after harvest, and awareness on changing seed and fertilizer application rates have been found as factors that increase resilience.

Key Words: agronomy, AHP, GIS, climate change, wheat

1. GİRİŞ

İnsanoğlu başta gıda ve yem ihtiyaçlarını karşılamak için tarım ürünlerine bağımlıdır. Artan dünya nüfusu tarımın etkili ve aynı zamanda sürdürülebilir bir şekilde yapılmasını gerektirmektedir. Tarımsal üretimde verimlilik bitki, toprak ve çevre koşullarına göre belirlenmektedir. Tarımsal üretimde sürdürülebilirlik ise yıllar arası iklim koşullarının durumu ve bu yeni koşullardan daha az zararlanma için yapılan yetiştiricilik işlemlerine bağımlıdır (Connor vd. 2011). Tarımsal üretimde verimliliğin etkili bir şekilde elde edilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanması için bir taraftan bitki ve toprak özellikleri iyileştirilmekte diğer taraftan iklim koşullarının olumsuzluklarına karşı stratejiler geliştirilmektedir. İyi tarım uygulamaları olarak adlandırılabilen bu stratejiler White ve ark. (2005) Zuma-Netshukhwi (2013) ve Ahmad vd. (2015) tarafından özetlenmiştir. Tarımsal üretim ortamı işletme bazında değerlendirilebildiği gibi bölgesel olarak da değerlendirilebilmektedir. CBS yöntemleri bir taraftan çok kriterli değerlendirme ortamı sağlarken diğer taraftan bölgesel olarak değerlendirme fırsatı sunmaktadır. Bu çalışmada araştırma alanından toplanan verilerle üretici yaklaşımları buğday yetiştiriciliğinin iklim ve hava olaylarına karşı sürdürülebilirliği kapsamında değerlendirilmiştir.

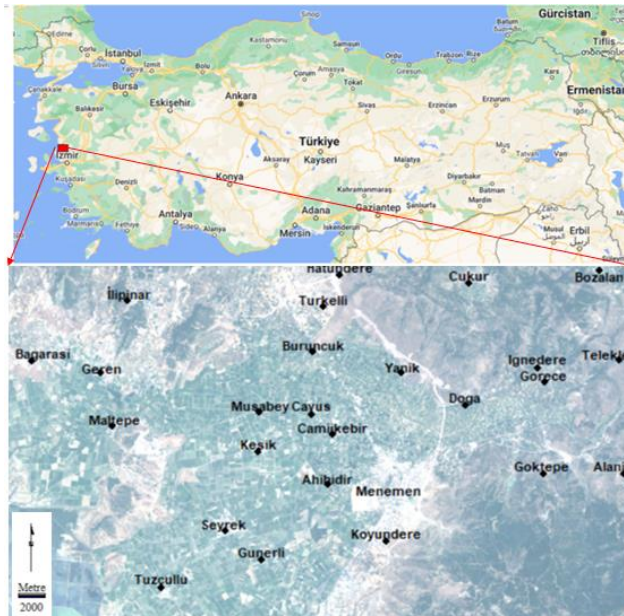
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu bölümde araştırma alanının iklim özellikleri, konumu ve tarımsal yapısı hakkında bilgiler verilmektedir.

2.1.1. Araştırma alanının iklim özellikleri: Ege Bölgesi, makro iklim özelliği yönünden Akdeniz iklim tipine girmektedir. Yazların sıcak ve kurak, kışların ise ılık ve yağışlı olduğu Menemen'de 1954-2022 yılları iklim verileri ile toplam yıllık yağışın 544.7 mm olduğu hesaplanmıştır. Bu yağışın %50.7'si kış, %24.0'ü ilkbahar, %22.5'i sonbahar ve %2.8'si yaz aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklığın 17.1 °C, en sıcak ayın ortalaması 27.1 °C ile Temmuz ve en soğuk ayın ortalaması ise 7,9 °C ile ocak ayıdır. Ortalama nispi nem %58.8, en yüksek ve en düşük değerler ise %68.4 ve %47.4 sırasıyla aralık ve temmuz aylarında gerçekleşmiştir. Toplam buharlaşma 1567.2 mm olurken en yüksek ve en düşük aylık buharlaşma değerleri 264 ve 50 mm ile temmuz ve ocak aylarında gerçekleşmiştir (Anonim 2023a).

2.1.2. Çalışma alanı: Araştırmanın yürütüldüğü Menemen Ovası 38°26' ile 38°40' kuzey enlemleri ve 26° 40' ile 27° 07' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Menemen Ovası'nın alanı 33545 ha olup denizden yüksekliği ortalama olarak 10,3 m'dir (Anonim 1971). Araştırma alanının kuzey batısında Foça ilçesine bağlı 3 mahalle (Bağarası, Geren ve Ilıpınar) yer alırken diğer 22 mahalle (Ahihıdır, Alaniçi, Bozalan, Buruncuk, Camiikebir, Çavuş, Çukur, Doğa, Göktepe, Görece, Günerli, Hatundere, İğnedere, Kesik, Koyundere, Maltepe, Musabey, Seyrek, Telekler, Tuzçullu, Türkelli, Yanık) Menemen ilçesine bağlıdır. Araştırma alanının sol üst köşe koordinatı 485925 4284015, sağ alt köşe koordinatı ise 519105 4265175 ve projeksiyonu UTM (WGS84)'dir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

2.1.3.Çalışma alanında buğday üretimi: Son 5 yıl içerisinde buğday ekiliş alanları ve üretim miktarında İzmir il geneli, Menemen ve Foça ilçesinde artışlar görülmektedir. Birim alan başına alınan buğday verimleri (kg da⁻¹) ise Menemen ve Foça ilçelerinde aynı düzeylerde seyrederken özellikle son iki yılda İzmir ili ortalamasından daha yüksektir. Araştırma alanı, buğday ekim alanı bakımından İzmir ilinin yaklaşık beşte birini (%19), üretim miktarı bakımından da yaklaşık dörtte birini (%24) oluşturmaktadır (TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri 2023).

2.2. Yöntem

2.2.1. Örnek sayısının belirlenmesi ve anket: Araştırmada Menemen Ovası'nda yapılan buğday yetiştiriciliğinin çevre koşullarına karşı dayanıklılık durumunu belirlemek için yetiştiricilik bilgileri bir anket çalışması ile toplanarak bölgesel olarak incelenmiştir. Anket çalışması Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Etik Komisyonundan alınan 16.12.2022 tarih ve 148791 sayılı onay belgesi ile yürütülmüştür. Araştırma kapsamında anket yapılan üreticiler rastgele seçilerek belirlenmiştir. Örnek sayısı çiftçi kayıt sistemine kayıtlı üreticilerin oluşturduğu sonlu ana kitle için %95 güven aralığı ve 0,10 hata payı ile belirlenmiştir. Örnek sayısının belirlenmesinde kullanılan eşitlik aşağıda verilmektedir:

$$n = N S^2 t^2 / (N-1) d^2 + S^2 t^2 \quad (1)$$

Eşitlikte: n= Örnek hacmi, N= Toplam birim sayısı, S= Standart sapma, t= Güven sınırı, d= Kabul edilebilir hata (Oğuz ve Karakayacı 2017)

2.2.2.Enterpolasyon (ara değer kestirimi): Buğday yetiştiriciliği faktörleri CBS ortamında enterpolasyon (ara değer kestirimi) yöntemi ile incelenmiştir. Mekânsal analizler ve haritalamalar TerrSet v18.21 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Noktasal özellikte olan bilgiler ile bilinen değerlerden yola çıkarak bilinmeyen noktaların tahmin edilmesi için "Ters Mesafe Ağırlık (IDW)" yöntemi kullanılarak harita katmanları oluşturulmuştur. IDW, basit bir ara değer kestirim yöntemi (interpolasyon) olarak günlük birçok durum için kullanılabilen bir analizdir (Steinberg ve Steinberg 2015). Çalışma alanından toplanan verilerin alansal dağılımını incelenmek ve verileri görselleştirme kapasitesinden yararlanmak için IDW yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntemde ilgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar için mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesaplanır. Tahmin edilen değerler, komşu noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemle verilerin genel dağılımı, eğilimi ve kümelenmesi gibi özellikleri incelenmektedir (Korkmaz vd. 2008). Bu yöntem, yeterli örnek sayısı olduğunda (en az 14) ve örneklerin lokal ölçekte uygun bir dağılım göstermesi durumunda iyi sonuçlar verir (Aydın ve Çiçek 2013).

Araştırmada veriler ilgili parsel koordinatları ile eşleştirilerek alansal olarak incelenmiştir. Üretim sistemine ait mevcut verilerden yeni bilgiler üretmek ve bu bilgilerin konumsal dağılımına göre kararlar vermek için çakıştırma analizleri kullanılmaktadır (Işık 2016).

2.1.3.Analitik hiyerarşi süreci (AHP), çok kriterli karar verme: AHP karar verme yöntemlerinden biri olarak yaygın bir kullanıma sahiptir. Çok sayıda alternatif içerisinde seçim yapılmasında faydalanılan ve birçok karar vericinin süreç içerisinde yer alabildiği nitel ve nicel kriterlerin bir bütün olarak hiyerarşik bir yapı üzerinden işlenmesi ile hedefe varabilme yeteneğine sahip karar verme yöntemidir, (Saaty 1982).

AHP uygulamalarında ilk adım karar vericinin amacı doğrultusunda bir karar problemi belirlemesidir. Bu probleme ait ana kriterler, alt kriterler ve karar alternatifleri belirlenerek hiyerarşik bir yapı oluşturulmaktadır. Ögeler içerisinde ikili karşılaştırmalar yapılarak karşılaştırma matrisleri elde edilir. Karşılaştırma matrisleri iki faktörün kıyaslanması demektir ve karar vericinin kişisel görüşüne bağlıdır. Daha sonra her bir kriterin önem dereceleri tespit edilmektedir. Uygulamanın son aşamasında ise tüm kriterler değerlendirilir ve en uygun karar alternatifi tespit edilmiş olur (Saaty 1982).

AHP uygulama adımları şu şekildedir: Aşama 1: Modelin Oluşturulması: AHP yöntemiyle karar verme sürecinde ilk olarak tüm nicel ve nitel faktörler anket çalışmalarıyla veya ilgili konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurularak belirlenmektedir. Daha sonra elde edilen veriler ile amaç, kriterler, alt kriterler ve son olarak alternatifler belirlenerek hiyerarşik bir yapı oluşturulmaktadır.

Aşama 2: İkili kıyaslama matrisinin oluşturulması: Hiyerarşik yapı hazırlandıktan sonra Çizelge 1.'deki ikili karşılaştırmalar ölçeği kullanılarak bilgiler toplanmakta ve ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilmektedir.

Çizelge 1. İkili kıyaslamalarda kullanılan önem dereceleri çizelgesi (Saaty 2001).

Derecesi	Değer Tanımları	Açıklama
1	Eşit Önemli	Her iki faaliyet amaca eşit katkıda bulunur.
3	Orta önemli (Az üstünlük)	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha tercih edilir.
5	Güçlü önemde (Fazla üstünlük)	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha tercih edilir.
7	Çok güçlü önemde (Çok üstünlük)	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir.
9	Son derece önemli (Kesin üstünlük)	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.

Aşama 3: Kriterlerin ağırlıkları ve alternatiflerin puanlarının belirlenmesi:

İkili karşılaştırma matrislerinden faydalanarak her karar alternatifinin ağırlığı hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda, ikili karşılaştırma matrisindeki her bir satır değeri, bulunduğu sütun toplamına bölünerek matris normalize edilmektedir. Normalize edilmiş matristeki her sütunun toplam değeri 1 olmaktadır. Son olarak satırda yer alan değerlerin ortalamaları bulunarak öz vektörler elde edilmektedir.

Aşama 4: Tutarlılık oranının hesaplanması: Tutarlılık oranını hesaplamak için aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$\text{Tutarlılık İndeksi (CI)} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \lambda$$
$$= mx + n, \quad (2)$$

Formülde CI, Tutarlılık İndeksini, λ_{\max} matristeki en büyük öz değeri, n ise her bir matrisin eleman sayısını göstermektedir. Tutarlılık oranı (CR) ise tutarlılık indeksinin aynı boyuttaki matrise karşılık gelen rastgele indekse (RI) oranlanmasıyla elde edilir (**Çizelge 2.**).

$$\text{CR} = \text{CI} / \text{RI} \quad (3)$$

Çizelge 2. Rassal indeks serisi (Nebati vd. 2021)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tutarlılık oranı 0.10'den küçük ise matrisin tutarlı yani karar vericilerin yargılarının tutarlı olduğu kabul edilir (Nebati vd. 2021).

2.1.4.Zaman serileri analizi: Zaman serileri analizleri, düzenli zaman aralıkları ile ölçülen metrik değerlere uygulanır. Bu çalışmada zaman serileri analizleri R programının Stats paketi içinde yer alan "ts()" fonksiyonu ile yerine getirilmiştir. 2012-2023 Yılları aylık sıcaklık ve yağış veri setinin zamansal bileşenlerinden eğilim ve mevsimsel değişimleri %95 önem seviyesinde incelenmiştir (Kurt 2019).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İklim verileri ve buğday yetiştiriciliği:

Menemen Ovası için buğday yetiştiriciliğinin yapıldığı Ekim-Haziran dönemine ait son 10 yıllık meteorolojik verileri incelendiğinde bu dönemde ölçülen en yüksek toplam yağış 2019 yılında 759,4 mm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek ortalama sıcaklık 27.3°C ile 2020 yılında ölçülmüştür. 2020 yılı aynı zamanda buğday yetiştiricilik dönemini kapsayan, en düşük miktar olarak toplamda 471.6 mm yağış ölçülmüştür. Maksimum ve minimum sıcaklıklar bakımından yapılan değerlendirmede en yüksek sıcaklıklar genel olarak haziran ayında ölçülürken, en düşük sıcaklıklar genel olarak ocak ayında tespit edilmiştir. Dikkat çeken bir durum sadece 2020 yılında yaşanmış, en yüksek sıcaklık mayıs ayında ve en düşük sıcaklık da şubat ayında ölçülmüştür. 2023 yılı meteorolojik yönden değerlendirildiğinde ise, genel olarak toplam yağışın (Ekim-Haziran dönemi), son 10 yılda değerlendirilen yağış miktarından büyük bir farklılık göstermediği ve 573.0 mm olarak kaydedildiği görülmüştür.

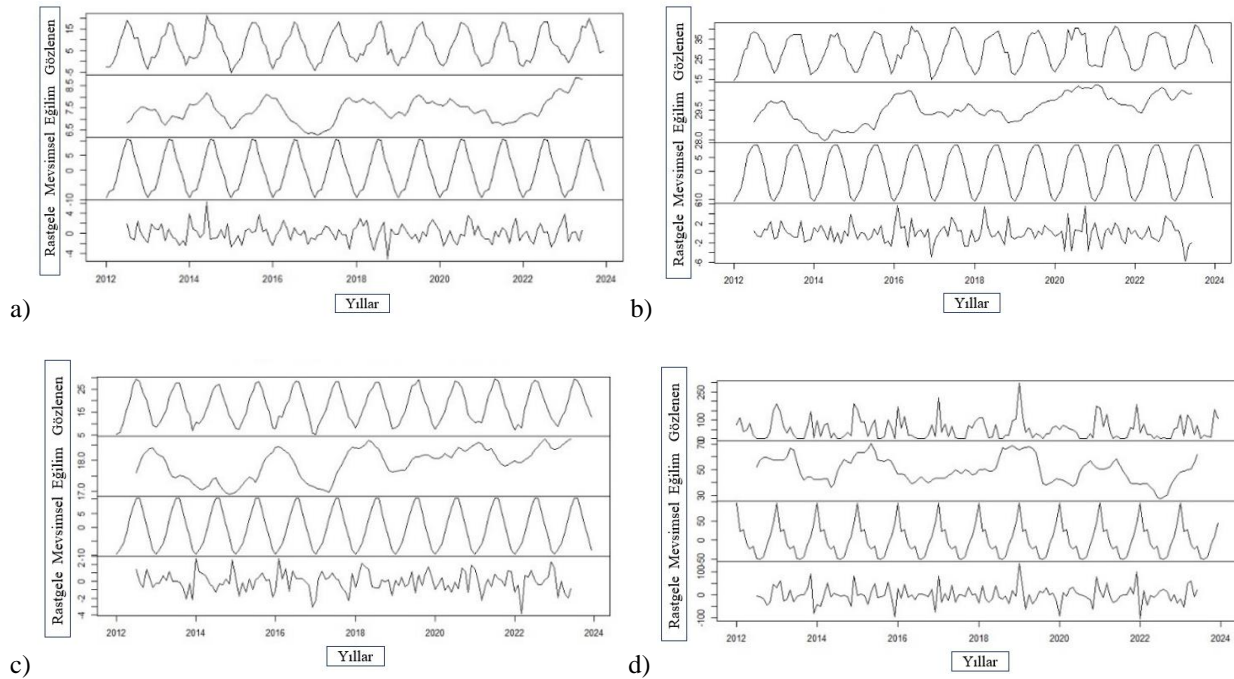
Bu çalışmada meteorolojik elemanlardan bitki verimine en fazla etki eden sıcaklık (minimum, maksimum, ortalama sıcaklık) ve yağış (Karaoğlu 2013) elemanları uzun dönem için incelenmiştir (**Çizelge 3.**).

İ. Uslu vd. CBS ve Çok Kriterli Karar Verme Analizleri ile Bitkisel Üretim Uygulamalarına Yönelik İklim Değişikliğine Uyum Stratejilerinin Geliştirilmesi

Çizelge 3. 2012-2023 Arası buğday yetiştiricilik dönemine ait meteorolojik veriler (Anonim, 2023a)

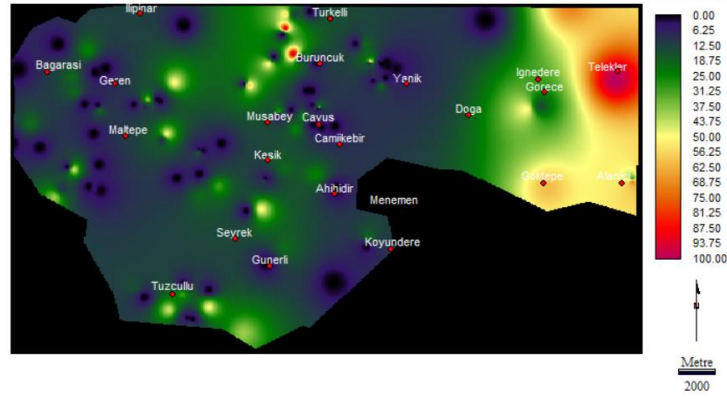
Yıllar	Toplam Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)
2012	624.0	13.2	37.4	-2.7
2013	692.6	15.5	36.8	-3.7
2014	510.4	14.3	37.5	-2.1
2015	744.3	14.2	35.5	-5.4
2016	547.3	15.6	41.4	-3.8
2017	522.4	14.0	40.4	-4.2
2018	596.8	15.8	36.6	-0.2
2019	759.4	26.2	37.9	-2.1
2020	471.6	27.3	39.7	-2.1
2021	608.6	15.5	37.9	-2.4
2022	462.2	14.9	37.2	-2.4
2023	573.0	15.5	36.2	-0.6

2012- 2023 yılları arası maksimum sıcaklık değerleri veri setinin gözlenen değerleri, bu değerlerin nasıl bir eğilim gösterdikleri ve mevsimsel değişimleri Şekil 2.'de yer alan grafiklerde gösterilmiştir. Rastgele olarak belirtilen kısım ise eğilim (trend) ve mevsimsel bileşenler çıkarıldıktan sonra minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinde görülen değişimleri göstermektedir (Kurt, 2019). Buna göre sıcaklık değerlerinde yükselen bir eğilim görülmektedir. Benzer şekilde eğilim ve mevsimsellik etkisi çıkarıldıktan sonra elde edilen rastgele grafiğinde de yükseliş görülmektedir. Diğer taraftan yağış değerleri bir eğilim oluşturmamaktadır.



Şekil 2. 2012- 2023 Yılları arası a) minimum sıcaklık, b) maksimum sıcaklık, c) ortalama sıcaklık ve d) yağış değerlerinin gözlenen, eğilim (trend), mevsimsel ve rastgele bileşenleri

Araştırma alanında üreticilerin beyan ettiği son 5 yıl içinde kuraklık, su basması, soğuk zararı, vb. nedenlerle iklime bağlı % ürün kayıpları Şekil 3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Zararlanma (%)

2023 yılı buğday ekiminin başlangıç dönemi olan 2022 yılı Eylül ve Ekim aylarında araştırma alanında yağış olmaması nedeniyle buğday ekiminde gecikme yaşanmıştır. Toplam yağış miktarı Ekim-Haziran ayları için uzun dönem ortalaması 527.7 mm iken bu sezonda 573 mm; buharlaşma değerleri ise sırasıyla 917.7 mm ve 1926 mm olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca Haziran ayında ölçülen yaklaşık 70 mm'lik yağış bazı bölgelerde hasadın gecikmesine neden olmuştur. 2022-2023 buğday üretim sezonunda ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklar bakımından ise ekstrem bir durum gözlenmemiştir.

Araştırma alanında görüşme yapılan 130 üreticiden alınan bilgiye göre buğday ekimi denizden yüksek yerlerde daha erken olmak üzere 2022 yılının Ekim ayından 2023 yılının Ocak ayına kadar yapılmıştır. Oden vd. (2002)'nin Ege Bölgesi'nde 1970-1998 yılları arasındaki buğday yetiştiriciliğinin incelediği çalışmada en uygun buğday ekim zamanı olarak belirlenen 10-20 Kasım dönemine göre üreticilerin %48'i için ekim zamanında gecikme yaşandığı görülmektedir. Üreticilerin %45'i Kasım ve Aralık aylarında yağmuru beklemeden ekim yaptığını beyan etmiştir. Buğday ekiminde serpmeye ve mibzerle ekim yapan üreticiler yarı yarıya ve eşit bulunmuştur. Araştırma bölgesinde 13 buğday çeşidinin yetiştirildiği ve üreticilerin %73'ü kullandığı buğday çeşidini son 5 yılda değiştirdiği belirlenmiştir. Fosforlu ve azotlu gübrelerle hiç gübreleme yapmayan üreticiler olduğu gibi miktar olarak çok fazla kimyasal gübre kullanan, oran olarak 41 kg da⁻¹ saf azot ve 21 kg da⁻¹ saf fosfor uygulayan üreticilere de rastlanmıştır. Yabancı ot ve pas için birer ilaçlama yaygın olarak yapıldığı belirlenmiştir (Uslu vd. 2023).

3.2. Agronomik faktörler: Araştırmada üreticilere üretim ortamının sürdürülebilirliğini artıran iyi tarım uygulamaları olarak isimlendirilebilecek yetiştiricilik işlemleri hakkındaki yaklaşımları sorulmuştur. Evet/hayır şeklinde sorulan sorularla üreticilerin üretim ortamını sezon içi hava olaylarına karşı nasıl yönettiği belirlenmiştir. Çizelge 4.'te araştırma alanında incelenen yetiştirme uygulamaları ve uygulanma sıklıkları görülmektedir.

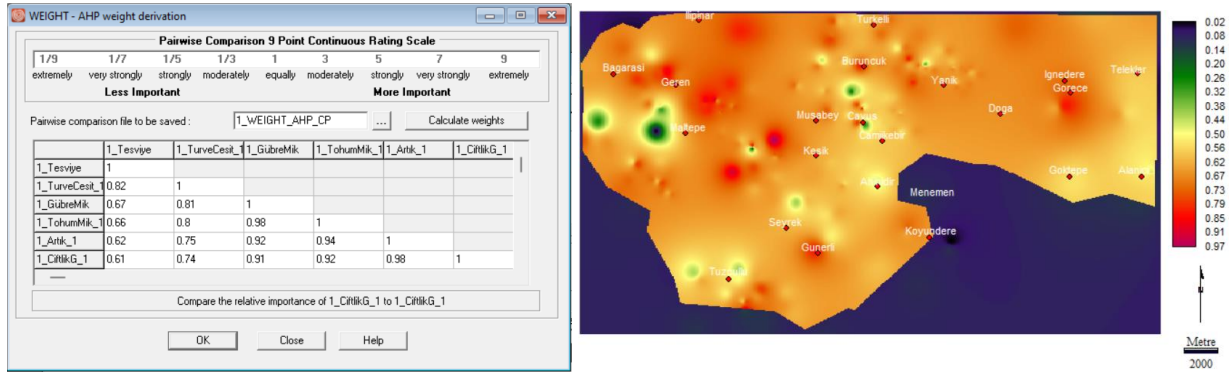
Çizelge 4. Yetiştiricilik işlemlerinde yapılan değişiklikler ve uygulanma oranları

S. No	Agronomik değişkenler	Yaygınlık (%)
1	Tesviye, sedde ve hendek yapmak	99
2	Tür ve çeşit değiştirme	81
3	Gübre Miktarını değiştirmek	66
4	Tohum Miktarını değiştirmek	65
5	Hasatta arazide bitki artığı bırakmak	61
6	Çiftlik gübresi kullanmak	60
7	Kışlık ürün ekili alanları artırmak	60
8	Toprak analizi yaptırmak	50
9	Azaltılmış toprak işleme uygulamak	49
10	Bitki karışımları (arpa ve fiğ, vb.) yetiştirmek	43
11	Geliştirilmiş azotlu gübre kullanmak	41
12	Toprak yüzeyini boş bırakmamak	38

Agronomik değişkenlerin araştırma alanındaki yaygınlık yüzdeleri ikişerli olarak oranlanarak AHP ağırlık matrisine yerleştirilmiştir. Çizelge 5.'te görülen ağırlıklara ait tutarlılık oranı 0.00 (<0.10) olmasından dolayı kabul edilebilir bulunmuştur. Değişkenlerin ağırlık oranları çok kriterli karar verme aracı ile faktörlerin IDW haritaları

İ. Uslu vd. CBS ve Çok Kriterli Karar Verme Analizleri ile Bitkisel Üretim Uygulamalarına Yönelik İklim Değişikliğine Uyum Stratejilerinin Geliştirilmesi

birleştirilmiştir. Faktörlerinin tümünün değerlendirilmesi sonucu araştırma alanı için oldukça yüksek değerler bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. a) Faktör ağırlıklarının hesaplanması ve b) çok kriterli karar verme aracıyla faktörlerin birleştirilmesi.

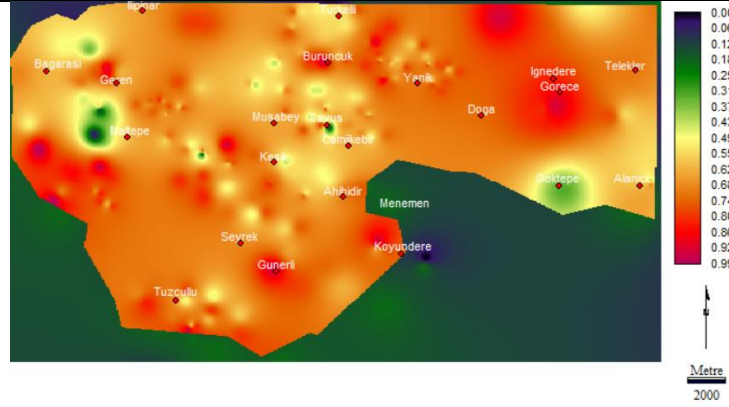
Çizelge 5. Agronomik faktörler ve ağırlık katsayıları

Agronomik faktörler	Ağırlık katsayısı
Tesviye, sedde ve hendek yapmak	0.1388
Tür ve çeşit değiştirmek	0.1137
Gübre miktarını değiştirmek	0.0926
Tohum miktarını değiştirmek	0.0913
Hasatta arazide bitki artığı bırakmak	0.0857
Çiftlik gübresi kullanmak	0.0842
Kışlık ürün ekili alanları artırmak	0.0830
Toprak analizi yaptırmak	0.0714
Azaltılmış toprak işleme uygulamak	0.0685
Bitki karışımları (arpa ve fiğ, vb.) yetiştirmek	0.0603
Geliştirilmiş azotlu gübre kullanmak	0.0574
Toprak yüzeyini boş bırakmamak	0.0532

Agronomik faktörlerden “arazi yönetim faktörleri” alt grup olarak incelemek üzere araştırma alanındaki yaygınlık yüzdeleri ikiye bölünerek oranlanarak AHP ağırlık matrisine yerleştirilmiştir. Çizelge 6.’da görülen ağırlıklara ait tutarlılık oranı 0.00 (<0.10) olmasından dolayı kabul edilebilir bulunmuştur. Değişkenlerin IDW haritaları belirlenen ağırlık oranları kullanılarak çok kriterli karar verme aracı ile birleştirilmiştir. Faktörlerinin tümünün değerlendirilmesinde araştırma alanı için sarı ve kırmızı renk tonları ile gösterilen oldukça yüksek değerler bulunmuştur (Şekil 5).

Çizelge 6. Arazi yönetim faktörleri ve ağırlık katsayıları

Agronomik faktörler	Ağırlık katsayıları
Tesviye, sedde ve hendek yapmak	0.3228
Hasatta arazide bitki artığı bırakmak	0.1993
Kışlık ürün ekili alanları artırmak	0.1955
Azaltılmış toprak işleme uygulamak	0.1590
Toprak yüzeyini boş bırakmamak	0.1234



Şekil 5. Arazi yönetim faktörlerinin dağılımı

Arazi yönetim uygulamalarından tesviye ve hendek fazla suyun araziden uzaklaştırılması için gerekli olurken sedde yapma ve hasatta arazide bitki artığı bırakmak toprak nemini koruma bakımından önemlidir. İklim değişikliğine bağlı olarak yapılacak yetiştiricilik işlemi olarak arazide bitki artığı bırakmak toprak nemini muhafaza önlemi olarak önemli bir uygulamadır (Zuma-Netshiukhwi 2013). Yine, bitki türü değişikliği ve ekili alan miktarını artırmak ya da azaltmak kurak ya da nemli sezona uyum bakımından önemli uygulamalardır (Zuma-Netshiukhwi 2013; Ahmad vd. (2015).

Agronomik faktörlerden “girdi yönetimi faktörlerini” alt grup olarak incelemek üzere araştırma alanındaki yaygınlık yüzdeleri ikiye bölünmüş olarak oranlanarak AHP ağırlık matrisine yerleştirilmiştir. Çizelge 7. de görülen ağırlıklara ait tutarlılık oranı 0.00 (<0.10) olmasından dolayı kabul edilebilir bulunmuştur. Değişkenlerin IDW haritaları belirlenen ağırlık oranları kullanılarak çok kriterli karar verme aracı ile birleştirilmiştir. Faktörlerinin tümünün değerlendirilmesinde araştırma alanı için sarı renk tonlarının yaygınlığına göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu durum buğday üretiminde girdi yönetiminde yetersizlik olduğunu göstermektedir (Şekil 6).

Araştırma alanında girdi yönetimi bakımından bitki türü değişimi önemli bir bulgu olarak karşımıza çıkmıştır. Araştırma alanında yazlık bitki ekim alanlarının sulama suyu yetersizliğine bağlı olarak azaltılacak olması kışlık buğday ve arpa ürünlerinin ekim alanlarını artırmaktadır. Ancak, kışlık türlerin dayanıklı çeşit tercihine yeterli kadar önem verilmemektedir. İklim değişikliğine karşı erkenci ve strese (kuraklık, vb.) dayanıklı bitki türleri ve çeşitlerinin tercih edilmesi (Ahmad vd. 2015) önerilmektedir. Bitkiler kendileri için optimum koşullar altında en iyi şekilde gelişirler. Böyle bitkilerin çevre koşullarına karşı dayanımı da en üst seviyededir. Çevre koşulları bitki için olumsuz ise bitkiler zayıf gelişirler (Demirci 2016). Ayrıca, bir işletme ve bir bölge için yetiştirilen bitki türü ve sayısının fazla olması da kuraklık, soğuk, hastalık, böcek zararı gibi beklenmeyen etmenler ile önemli verim kayıplarını azaltmak ve çok yıllık dönemde verim ve kaliteyi garantilemek için önemlidir (Kanbertay, 1997).

Çizelge 7. Girdi yönetimi faktörleri ve ağırlık katsayıları

Agronomik faktörler	Ağırlık katsayıları
Yetiştirilen bitki tür ve çeşidinin değiştirilmesi	0.1991
Gübre miktarını değiştirmek	0.1622
Tohum miktarını değiştirmek	0.1640
Çiftlik gübresi kullanmak	0.1475
Toprak analizi yaptırmak	0.1230
Bitki karışımları (arpa ve fiğ, vb.) yetiştirmek	0.1057
Geliştirilmiş azotlu gübre kullanmak	0.0984

Araştırma alanında yetiştirme mevsimine göre uygulanan tohumluk ve gübre miktarlarında azaltma ya da artırma yapıldığı bildirilmiştir. Kurak sezon için ekimde tohum sıklığının %25-50 azaltılması, yağışlı sezon için ise kullanılan tohum ve gübre miktarının artırılması, ayrıca her iki durumda sezon içi hava tahminlerinin izlenmesi ve yabancı otların sık sık kontrol edilmesi önerilmektedir (Zuma-Netshiukhwi 2013).

Tarımsal yetiştiricilik işlemlerinin yeteri kadar ve zamanında yapılmasının girdi kullanımı yüksek olan günümüz tarım sistemlerinde ekolojik dengenin sürdürülebilirliği için büyük önemi bulunmaktadır. Tarımsal girdilerden en fazla karbondioksit salımına neden olan azotun üretiminde kg başına 3.9 kg karbondioksit açığa çıkmaktadır. Benzer şekilde diğer girdilere ait oranlar motorin 3,3 kg l⁻¹, insektisit 22,8 kg l⁻¹, fosfor 0,91 kg kg⁻¹, herbisit 16,5 kg l⁻¹ ve potasyum için 0,54 kg kg⁻¹'dir (Camargo vd. 2013).

4. SONUÇ

Bu araştırmada Menemen Ovası'nda 13 yılın sıcaklık ve yağış verileri değerlendirilerek üreticilere ait buğday yetiştiriciliği işlemleri iklim değişikliği kapsamında değerlendirilmiştir. Buna göre, sıcaklık değerlerinde bir artış eğilimi bulunurken yağış verilerinde bir eğilim bulunmamıştır. Araştırma alanına ait buğday yetiştiriciliği verileri bir bütün olarak, arazi yönetimi ve girdi yönetimi alt başlıklarına göre değerlendirilmiştir. Veriler AHP ve çok kriterli karar verme yöntemine göre incelenmiştir. Buğday yetiştiriciliğinde iklim değişikliği risklerini arttırabilecek uygulamalar olarak; üreticilerin gereğinden fazla azotlu gübre uygulaması, gereğinden az fosforlu gübre uygulaması ve araştırma alanında yetiştirilen buğday çeşit sayısının az olması olarak bulunurken; arazi tesviyesine önem verme, mevsim özelliğine göre bitki türü tercihi yapma, tohum ve gübre uygulama oranlarında değişiklik yapma ve hasat sonrası arazide bitki artığı bırakmaya önem verme bilinci ise dayanıklılığı arttıran etmenler olarak ön plana çıkmıştır.

5. TEŞEKKÜR

Bu araştırma T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Müdürlüğü tarafından TAGEM/TSKAD/B/22/A9/P7/5384 proje numarası ile desteklenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmad, A., M. Ashfaq, G. Rasul, SA. Wajid, and others.** 2015. Impact of climate change on the rice-wheat cropping system of Pakistan. Pp 219–258. In: C. Rosenzweig and D. Hillel (Eds). Handbook of Climate Change and Agroecosystems. *Imperial College Press*, London
- Anonim.** 1971. Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü. *Topraksu Genel Müdürlüğü Toprak ve Etüd Haritalama Dairesi Raporları*, Seri No: 24, Ankara.
- Anonim.** 2023a. MGM Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Menemen Meteoroloji İstasyonu Verileri.
- Anonim.** 2023b. TÜİK. 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr>, [29.05.2024]
- Aydın, O., İ. Çiçek.** 2013. Ege Bölgesinde yağışın mekânsal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2013 CBD 11 (2), 101-120.
- Camargo, G. G. T., M. R. Ryan, and T. L. Richard.** 2013. Energy use and greenhouse gas emissions from crop production using the farm energy analysis tool. *BioScience*, Volume 63, Issue 4, 263–273.
- Connor, D. J., Loomis, S. L., Cassman, K. G.** 2011. *Crop Ecology Productivity and management in Agricultural Systems*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 3-22.
- Demirci, F.** 2016. Bitkilerde hastalığa neden olan çevresel faktörler. s. 78. F. S. Dolar (Ed.). *Fitopatoloji*. Anadolu Üni. Yay. No: 2293. Eskişehir.
- Işık, Ö.** 2016. Dünyayı modelleme ve CBS projelerinde karar üretilmesi. s. 212-237. A. Çabuk, H. Uyguçgil (Ed.). *Coğrafi Bilgi Sistemleri*. Anadolu Üni. Yay. No: 3161. Eskişehir.
- Kanbertay, M.** 1997. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünün Geliştirdiği ve Halen Üretilen Buğday Çeşitlerinin Özellikleri ve Yetiştirme Önerileri. *Çiftçi Broşürü* No: 86. Menemen, İzmir.
- Karaoğlu, M.** 2013. *Meteoroloji Klimatoloji Zirai Meteoroloji*. Nobel Akademik Yayıncılık. Ankara. S. 217-225.
- Korkmaz, B., K. Çakın, A. Satman.** 2008. Türkiye'nin yeraltı sıcaklık haritası ve tahmini ısı içeriği, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*. 17-19 Aralık 2008. İstanbul. s. 635-643.
- Kurt, Y.** 2019. *R: Herkes için Ücretsiz İstatistiksel Analiz Programı*. Nobel Bilimsel Eserler. Ankara. S. 199-205.

- McLaren, R. G. and K. C. Cameron.** 2006. *Soil Science*. Second Edition. Oxford University Press. Bookpac Production Services Singapore. p. 204.
- Nebati, E. E., Sağanda, G. N., Erol, H., Subaşı, R. S., Göz, T. E.** 2021. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile çalışan performansının Değerlendirilmesi. *NÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / NOHU J. Eng. Sci.*, 10(2), 582-590.
- Oden, O., M. Gürbüz, D. Kahraman, Ü. Özsoy, Y. Kayam, Y. Lomas, ve M. Mandel.** 2002. İklim, Tarımsal Teknoloji, Toprak ve Sosyo-Ekonomik Faktörlerin Buğday Verimine Etkileri. *Türk-İsrail Ortak Araştırma Projesi Raporu*. Menemen, İzmir.
- Oğuz, C., Z. Karakayacı.** 2017. *Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Metodolojisi*. Atlas Akademi. Konya.s.66.
- Saaty, T. L.** 1982. *Decision Making for Leaders*, Lifetime Learning Publications, CA.
- Saaty, T. L.** 2001. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarch*. Springer, New York.
- Steinberg, S. L. and J. S. Steinberg.** 2015. *GIS Research Methods Incorporation Spatial Perspectives*. ESRI Press, Redlands, California, US. p. 293.
- Uslu, İ., Z. Çelik, G. Yüceerim, V. Karagül, A. Özdarıcı Ok.** 2023. Buğday Yetiştiriciliğinin Mevsimsel İklim Değişkenliğinden Etkilenebilirlik Derecesi ve Uyum Kapasitesinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33 (2): 220-236.
- White, J.G.H., J. Millner and D. J. Moot.** 2005. Cereals. p. 223. J. White and J. Hodgson (Ed.). *New Zealand Pasture and Crop Science*. Oxford Uni. Press. Bookpac Production Services Singapore.
- Zuma-Netshiukhwi, G.N.** 2013. The use of operational weather and climate information in farmer decision making exemplified for the South Western Free State, South Africa. *PhD thesis*. University of Free State, Bloemfontein, South Africa.